

Technická zpráva – Funkční vzorek

Autoři:	Ing. Jana Sklenářová, prof. Dr. Ing. Juraj Kosek
Název česky:	Elektrosprejovací zařízení pro přípravu nanočástic s kontrolou pohybu
Název anglicky:	Electrospraying device for preparation of nanoparticles with implemented motion control
Klíčová slova česky:	Elektrosprej, nanočástice
Klíčová slova anglicky:	Electrospray, nanoparticles

Abstrakt česky:

Prezentovaný funkční vzorek je laboratorní zařízení umožňující deponovat nanočástice na vodivé a dielektrické substráty větších rozměrů. Roztok látky ve vhodném rozpouštědle je dopravován kapilárou pomocí pístové pumpy. Na kapiláru je přivedeno vysoké napětí, na konci kapiláry tím dochází k formování menisku roztoku do tzv. Taylorova kuželu působením elektrických a povrchových sil. Taylorův kužel je zakončen jemnou kapalnou tryskou, ze které jsou sprejovány jednotlivé kapky roztoku o průměru výrazně menším, než je průměr kapiláry. Z kapek se během letu v elektrickém poli vypařuje rozpouštědlo, roste tak hustota povrchového náboje. Po překročení limitní hodnoty (Rayleighův limit) dochází k rozpadu kapky. Proces rozpadu se opakuje, dokud nedochází k depozici kapek či už suchých částic. Velikost částic lze kontrolovat pomocí sady provozních parametrů a úpravou vlastností roztoku. Elektrorozprašování nanosené vrstvy jsou kvalitní a vykazují úzkou distribuci velikosti částic, k tomu je však zapotřebí důsledná kontrola procesu. Prezentované zařízení umožňuje kontrolovat vlhkost a teplotu v komoře, dále umožňuje sprejování proti gravitační síle, což vede k vyloučení velkých kapek, které by poškodily vzorek. Pomocí 3D vytištěných nástavců je zajištěna izolace náboje na roztoku jako prevence zborcení Taylorova kuželu. Proces je nahráván vysokorychlostní kamerou, lze tedy okamžitě odhalit nestability procesu. Implementace pohybu substrátu umožňuje nanášet vrstvy na velké substráty či na více substrátů najednou (případně při pozorované nestabilitě procesu ukončit proces a vyměnit substrát) bez nutnosti otevření temperované komory. Zařízením se tak snažíme přiblížit průmyslové aplikaci a proces nanášení vrstev urychlit při zachování vysoké kvality.

Abstrakt anglicky:

Presented functional specimen is a laboratory device designed to deposit nanoparticles onto conductive and dielectric substrates of larger dimensions. A substance is dissolved in a solvent. The solution is transported via capillary by a syringe pump. Capillary is attached to a high voltage, which results in meniscus transformation to a so-called Taylor cone due to electric and surface forces. Droplets are emitted from a jet formed on the end of Taylor cone and drifted by an electric field toward the substrate. These droplets diameter is significantly smaller compared to the diameter of the capillary. During the flight, the solvent is evaporated and the surface charge density increases. After reaching the Rayleigh limit, the fission of droplet occurs. The process is repeated until droplet reaches the substrate. Size of deposited nanoparticles can be regulated by adjusting several operating parameters and by adjustment of solution properties. Deposited layers are with narrow size distribution when the process is maintained stable. The presented device enables to control temperature and humidity in the spraying chamber and spraying in reverse configuration (against the gravitational force) to eliminate damage of layer caused by large droplets. Proces is recorded by highspeed camera to detect instabilities. The charge is isolated on capillary with the solution

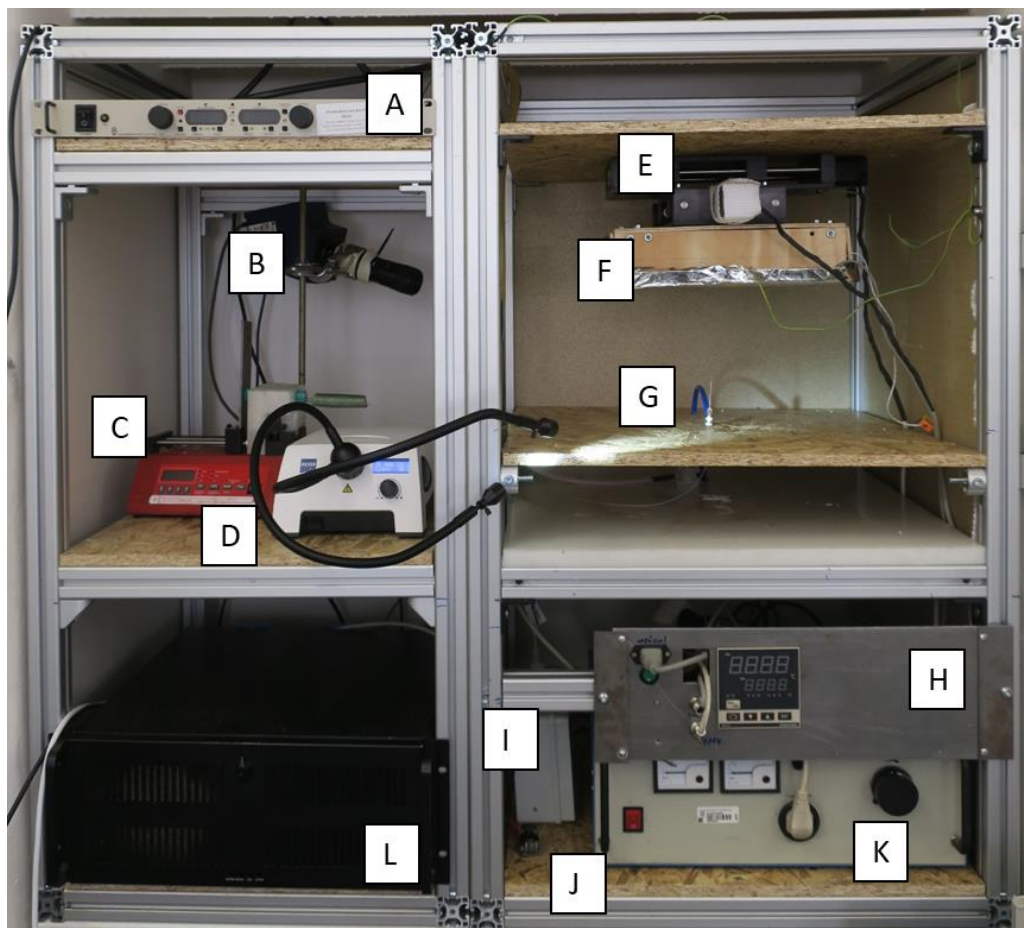
to prevent a collapse of the Taylor cone by using a 3D printed extension. The implementation of motion of substrate enables to deposit layers onto large substrates or more substrates without the necessity of opening of the tempered chamber.

Popis funkčního vzorku:

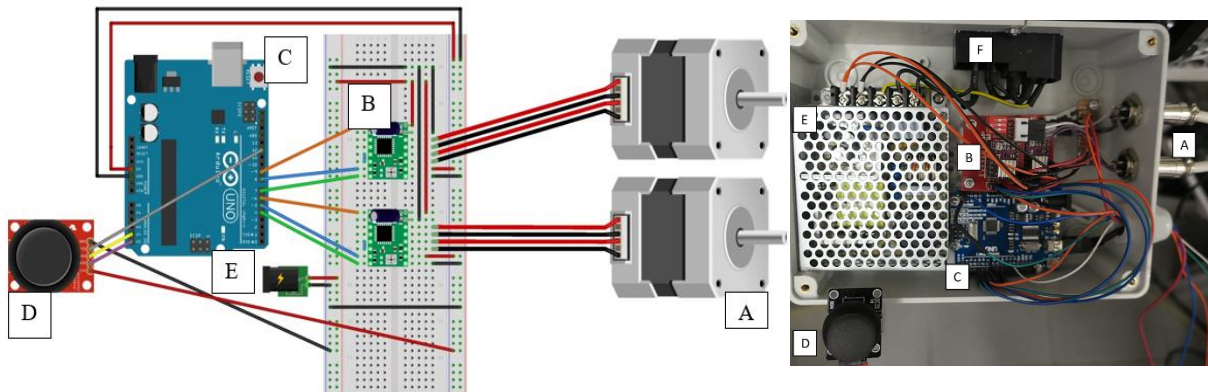
Zařízení se skládá ze dvou zón: elektrosprejovací a přístrojové. Přístrojová zóna je otevřená, aby nedocházelo k přehřívání přístrojů. V nejvyšší patře je umístěn zdroj vysokého napětí (Glassman, FJ series), který je izolován polohou od ostatních zařízení. Ve střední části přístrojové komory je umístěna vysokorychlostní kamera, osvětlení a pístová pumpa. Ve spodní části se nachází počítač (používaný pro ovládání pohybu, vysokého napětí a pro zobrazení výstupu z kamery), zdroj napětí k odporovému vytápění, ovládací panel odporového vytápění, zdroj napětí pro kontrolu pohybu a obvod řízený pomocí Arduino Uno pro kontrolu pohybu (schéma viz Obr. 3).

Elektrosprejovací část se skládá ze dvou pohyblivých desek, na jedné je umístěna tryska (vývod kapiláry) s přivedeným napětím. Na druhé desce je upevněn X-Y stolek, na kterém je umístěna vytápěná uzemněná elektroda, sloužící jako nosič substrátu. Elektrosprejovací komora je tepelně izolována, v komoře je měřena vlhkost a teplota.

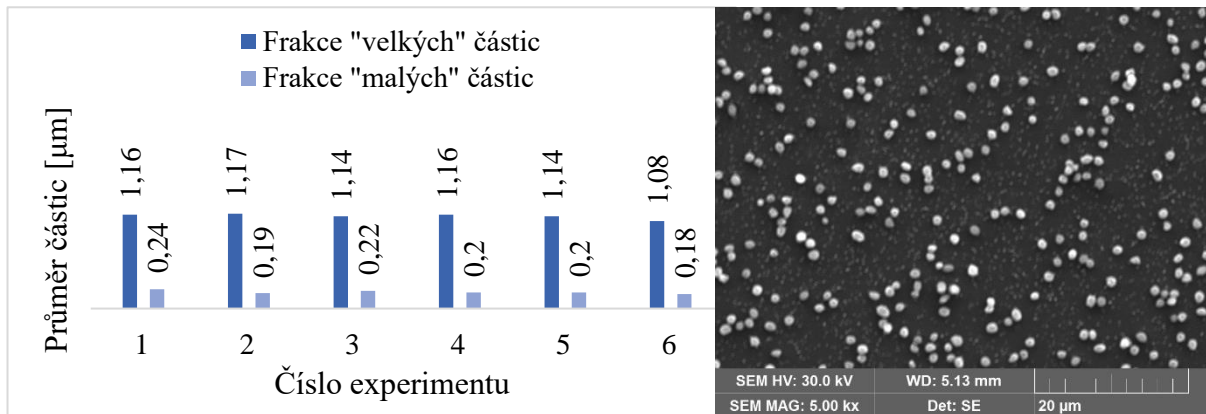
Celá konstrukce je uzemněna a kabely vysokého napětí jsou izolovány od dalších vodičů.



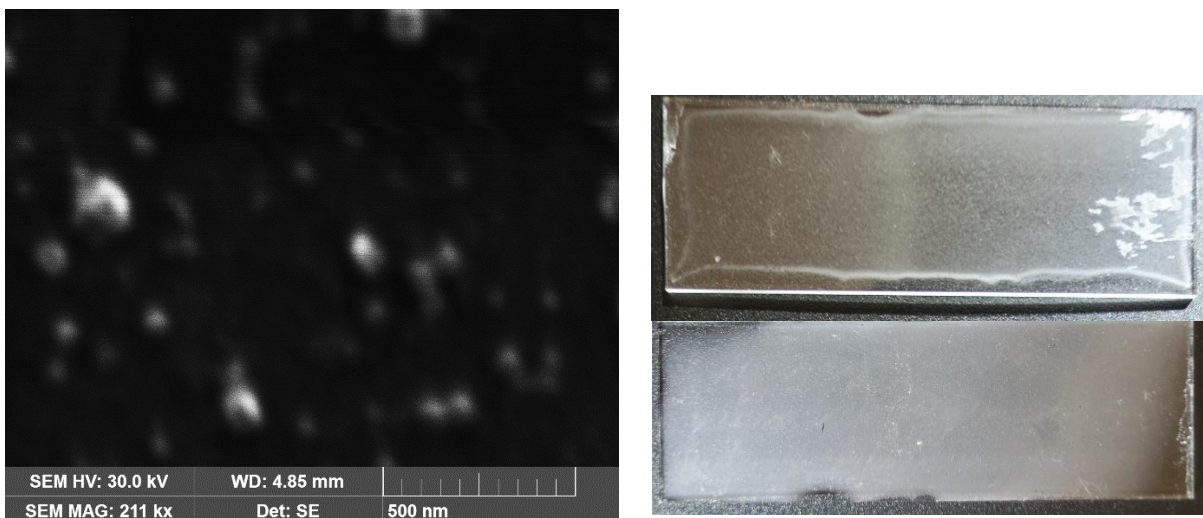
Obr. 1: Elektrosprejovací zařízení: (A) Zdroj VN, (B) Kamera, (C) pístová pumpa, (D) světlo, (E) X-Y stolek, (F) držák substrátu, (G) sprejovací jehla, (H) ovládání topení, (I) ovládání pohybu, (J) joystick, (K) zdroj napětí pro topení, (L) počítač.



Obr. 3: Schéma a obrázek ovládání pohybu stolku ve směru X a Y. (A) Krokové motory, (B) Pololu DRV 8825 driver, (C) Arduino Uno, (D) Joystick, (E) Zdroj napětí.



Obr. 2: Opakovatelnost depozice nano- a mikročástic oxidu titaničitého, vpravo SEM snímek vrstvy.



Obr. 4: Vlevo SEM snímek nanosených nanočástic oxidu manganato-manganičitého. Vpravo ukázka nanosených vrstev na dielektrickém substrátu.